

Technologie de production du jambon sec en Espagne

Jacint ARNAU et Pierre PICOUET

IRTA Tecnologia dels Aliments, Finca Camps i Armet s/n, E-17121 Monells (Girona), Espagne

jacint.arnau@irta.es

INTRODUCTION

L'élaboration du jambon sec est réalisée depuis des temps immémoriaux par un procédé de conservation dû à la salaison et au séchage.

Le produit ainsi obtenu est conditionné, par la qualité de la matière première utilisée et par le processus technologique qu'il a suivi. Il existe différentes technologies pour produire du jambon sec, mais fondamentalement elles essayent toutes d'obtenir un produit qui d'une part peut être maintenu à température ambiante sans compromettre la santé, et d'autre part qui facilite le développement des caractéristiques sensorielles désirées. L'Espagne, l'Italie, l'Allemagne et la France sont les principaux producteurs de jambons secs et en 2000, la production dans l'Union européenne était de plus de 600 000 tonnes. L'objectif de cette présentation est de passer en revue les principaux aspects du processus d'élaboration, en comparant les paramètres liés à la matière première et ceux liés aux technologies qui affectent la qualité du jambon sec.

1. SÉLECTION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

La quantité de gras et le poids de la pièce sont les principaux critères employés dans le choix de la matière première car ils déterminent la durée du séchage du jambon. Typiquement, le poids d'un jambon frais varie de 9 à 14 kilogrammes. Alors, que dans les pays européens du nord et du centre les consommateurs préfèrent les jambons maigres, dans quelques pays d'Europe du Sud, une partie de la population accepte une certaine quantité de graisse infiltrée pour ce produit. Pour les jambons secs qui ont subi un long processus de vieillissement, la présence de graisse infiltrée et une certaine quantité de gras superficiel ralentissent le processus de séchage et imbibent la musculature, de telle sorte que pendant la consommation, cette graisse fournit une sensation huileuse dans la bouche et une saveur âgée qui est fortement appréciée (cette saveur agréable est liée à l'oxydation de la graisse). Des systèmes d'analyses, tels que le TOBEC, ont été proposés pour évaluer la quantité de graisse (Meseck et al., 1997).

Le niveau de pH de la viande est un autre paramètre important qui affecte la maturation du jambon. Du point de vue microbiologique, la majorité des auteurs recommandent d'éviter les jambons ayant un pH supérieur à 6,2. Un pH inférieur à 6,2 permet une amélioration de la salaison et une réduction de fréquence des jambons détériorés; il évite les problèmes d'aspect comme la brillance de la viande maigre et les précipités de phosphate. Un pH supérieur à 6,2 a pour conséquence une texture plus souple dans la partie musculaire interne (Arnau et al., 1998) et une tendance plus élevée à former une croûte externe (Ruiz-Ramírez et al., 2006). La viande avec un bas pH réagit plus rapidement à l'adjonction de nitrite et accroît la fréquence d'apparition d'anneaux rouges au centre du produit (Arnau et al., 2003b). Par contre, il a été démontré que la viande avec un pH inférieur à 5,6 et un potentiel protéolytique élevé, est moins appropriée à l'élaboration des jambons secs, particulièrement s'ils ont une basse teneur en sel (Virgili et Schivazappa, 2002).

Les valeurs du pH variant considérablement entre les muscles et afin de faciliter la mesure, il est recommandé de la faire sur un muscle externe de taille considérable, tel que le *M Semimembranosus*.

La mesure des paramètres électriques dans le jambon frais peut aussi servir à prédire la texture pâteuse dans le jambon sec (Guerrero et al., 2004).

Le choix de la matière première pourrait être amélioré par l'évaluation de l'activité de la cathepsine B, une des enzymes protéolytiques qui semble être responsable du développement des textures souples (Parolari et al., 1994). Mais jusqu'ici, la méthodologie courante est trop lente pour être adaptée à des mesures en ligne.

De nouvelles technologies existent dans le domaine de la génétique moléculaire. Elles sont très prometteuses pour prévoir l'activité protéolytique de la matière première.

Pour l'élaboration des jambons secs, les porcs lourds sont considérés comme les plus appropriés parce qu'ils sont plus gras et qu'ils ont plus de pigmentation et moins de potentiel protéolytique.

L'élimination du sang résiduel des veines et des artères est recommandée pour réduire les possibles problèmes microbiologiques et pour améliorer l'aspect de la tranche. Le meilleur moment pour effectuer cette opération se situe pendant la découpe, car le sang sort alors plus facilement. Dans le cas où il n'y a aucune assurance que cette opération ait été effectuée, elle doit alors être réalisée à la réception de la matière première et peut être complétée après le salage.

1.1. Forme des jambons et types de coupe

L'élaboration des jambons secs peut être réalisée à partir de morceaux ou de jambons entiers. Les jambons peuvent être présentés sous différentes formes. Ainsi en Espagne, la présentation avec le sabot est habituelle pour les jambons Ibériques et Serrano. Cependant, la majorité des jambons vendus sous forme désossée sont élaborés sans sabot. La présence du sabot peut réduire l'effacement de la couleur de la jambe provoqué par l'entrée d'air, bien que la raison principale de son maintien pendant l'élaboration du jambon semble plutôt un fait culturel. De même, il est traditionnel en Espagne d'effectuer une coupe en forme de V sur la couenne. La raison historique pourrait être la facilité d'utilisation de la couenne et de la partie correspondante de la graisse pour d'autres applications. Cette coupe permet également une répartition plus uniforme de l'épaisseur de graisse sous-cutanée ce qui améliore le séchage, permet une meilleure rétraction du maigre pendant le séchage, facilite la découpe en tranche et augmente la saveur âgée typique (Gou et al., 2000). Dans les jambons espagnols, on laisse l'os coxal, ce qui signifie que la morphologie reste intacte, alors que dans les jambons français (jambon de Bayonne) ou italiens (Parme et San Danielle) cet os est éliminé, et il n'en reste qu'une petite partie pour éviter les cavités qui gênent le processus de séchage. Dans tous les cas de figure, il est important d'éviter d'endommager la structure, car ceci pourrait faciliter

Tableau 1 - Comparaison de différentes technologies d'élaboration du jambon sec en Espagne, France et Italie

Phases	France/Italie	Espagne
Matière Première	Sans os coxal et avec couenne	Avec os coxal éventuellement parage de la couenne en forme V
Salage	T = 1-3°C HR 70-90 % Salage individuel	T = 1-3°C HR > 75 % Empilage
Repos	T < 5°C HR = 75-80 %	T < 5°C HR = 75-80 %
Lavage	Fin repos	Fin salage
Etuvage	Après lavage	-
Séchage-maturation	T=12-16°C	T=10-34°C
Graissage	graisse+farine+sel+poivre	Saindoux
Phase d'affinage (cave)	T = 12-16°C HR = 65-80 %	T=10-22°C HR = 65-80 %

l'entrée des micro-organismes et provoquer la détérioration du produit.

1.2. Matière première fraîche vs congelée

L'utilisation de la matière première fraîche est habituelle dans des régions où il y a suffisamment d'abattoirs et de salles de découpe, tandis que les jambons surgelés sont plutôt utilisés en cas de longs temps de transport. La viande congelée - décongelée facilite la dissolution du sel sur la surface, sa migration vers la partie intérieure et probablement la diffusion de l'eau vers l'extérieur. Par contre, l'utilisation de la viande surgelée empêche la confirmation directe de la qualité de la matière première. Elle produit de petites coupures sur les muscles, facilite la cristallisation de la tyrosine pendant la maturation, menant à un nombre plus élevé de cristaux blancs, et réduit l'incidence du voile blanc (Arnau et al., 1994).

1.3. Identification individuelle des jambons

Actuellement, il existe sur le marché, des systèmes de classification qui identifient chaque jambon au moyen d'un code à barres. Cette identification individuelle permet de stocker l'information pour chaque jambon (fournisseur, pH, poids) et d'assurer sa traçabilité.

2. SALAISON MASSAGE

Afin de faciliter la pénétration des sels, pour éliminer le sang présent dans les veines et artères et pour réduire l'épaisseur et mouler le jambon, un massage est effectué avec un mélange qui peut contenir le sel, le nitrate, le nitrite, l'ascorbate et les sucres. Bien que le massage puisse être fait manuellement, il est normalement effectué par des machines en continu ou dans des malaxeurs. De cette façon, la surface d'absorp-

tion et la pénétration du sel sont augmentées. De la même manière, il est recommandé, qu'une pression modérée soit exercée sur les jambons pour réduire leur épaisseur et faciliter la pénétration du sel dans les muscles les plus internes. Le salage doit être effectué lorsque la température atteint une valeur seuil comprise entre 1 et 3°C. De cette façon, la croissance des bactéries indésirables est gênée et le pourcentage de jambons non comestibles à la fin du processus est réduit.

2.1. Méthode de Salaison

Dans les pays méditerranéens, le processus de salaison à sec est utilisé, alors qu'en Europe du nord ce même procédé est employé ainsi que la salaison en saumure. La salaison à sec permet d'obtenir un niveau plus élevé de déshydratation osmotique, tandis que dans un salage en saumure, la consommation de sel est inférieure. Le processus de salaison sèche des jambons peut être réalisé selon deux méthodologies différentes :

a) En les couvrant de sel. Cette opération peut être menée individuellement sur chaque jambon ou collectivement en les empilant dans des récipients en acier inoxydable (typique du Serrano et des jambons Ibériques) pendant une période approximative de un jour par kilogramme pour les jambons frais (quelques jours en moins pour les jambons congelés). Le sel utilisé est normalement humidifié pour permettre une salaison correcte. Il est recommandé de maintenir un niveau élevé d'humidité atmosphérique, qui ne devrait pas être inférieur à 75 %, pour éviter la déshydratation du sel. L'empilage des jambons provoque une pression particulièrement élevée dans les strates inférieures, qui facilite la perte de l'eau.

b) En ajoutant une quantité de sel proportionnelle au poids du jambon. Les exemples les plus

connus sont ceux des jambons de Parme et de Bayonne pour lesquels l'humidité relative est maintenue entre un minimum de 70-75 % et un maximum de 85-90 % (Chizzolini et al., 1993). Cette méthode permet de saler la surface couverte de sel, mais également de sécher les surfaces que n'en sont pas couvertes. Le jambon reste en position horizontale pendant 3 à 4 semaines, ce qui a pour conséquence une épaisseur plus mince que s'il était resté en position verticale. Avec ce processus, la pénétration du sel et l'évacuation de l'eau interne sont augmentés. Dans d'autres cas, la salaison se fait dans des malaxeurs, suivie d'une période de repos dans des récipients où le jambon est en contact avec la saumure exsudée. Il est important d'effectuer deux applications de sel de telle sorte que les parties du jambon les moins salées pendant le premier traitement, soient salées pendant la deuxième application. Dans ce processus, il vaut mieux ne pas prolonger excessivement la période de repos dans les récipients, car l'eau exsudée peut être réabsorbée et des micro-organismes indésirables peuvent se développer dans les surfaces qui ne sont pas couvertes de saumure.

2.2. Ingrédients et additifs

Le sel est essentiel pour l'élaboration du jambon sec et il est la seule substance autorisée dans la fabrication du jambon de Parme. Dans ce cas, la couleur est due à la formation d'un complexe de Zn-porphyrine (Wakamatsu et al., 2006). Le nitrate est présent en faible quantité dans la viande et il a été l'agent de nitrification préféré dans les produits à longue durée de séchage, car il est transformé en nitrite par l'action bactérienne. La couleur est obtenue plus rapidement avec du nitrite, qu'il est préférable d'utiliser dans des processus d'élaboration rapide. L'ascorbate accélère la transformation du nitrite en oxyde nitrique; il empêche les colorations verdâtres résultant de la réaction de l'oxyde nitrique avec l'oxygène et évite la formation des nitrosamines dans la viande. La réduction de la teneur en sel est une demande croissante du consommateur. Pour atteindre cet objectif, il a été proposé d'ajouter du KCl et du lactate de potassium destiné à compenser la perte de fonctionnalité ou de réduire l'aw pour stabiliser le jambon (Gou et al., 1996). Les sucres favorisent l'implantation de la flore extérieure et amènent une saveur douce légère, mais ils peuvent provoquer des saveurs acides et une couleur pâle dans le cas où la flore lactique se développe dans les parties internes du jambon. Les épices sont à peine employées dans la fabrication des jambons Ibériques et Serrano, tandis que dans celle des jambons français et italiens, du poivre est ajouté sur la tête du fémur ou dans la graisse employée pour couvrir le jambon pendant la phase d'affinage.

3. LAVAGE

Auparavant, les jambons étaient immergés dans de l'eau courante afin d'éliminer le sel en excès acquis pendant le long processus de salaison. De nos jours, parce que la température peut être maintenue entre 1 et 5°C pendant la phase de stabilisation, il est possible de réduire la quantité de sel additionnel. Lors de l'élaboration industrielle, le lavage a pour fonction d'enlever les cristaux de sel qui restent à

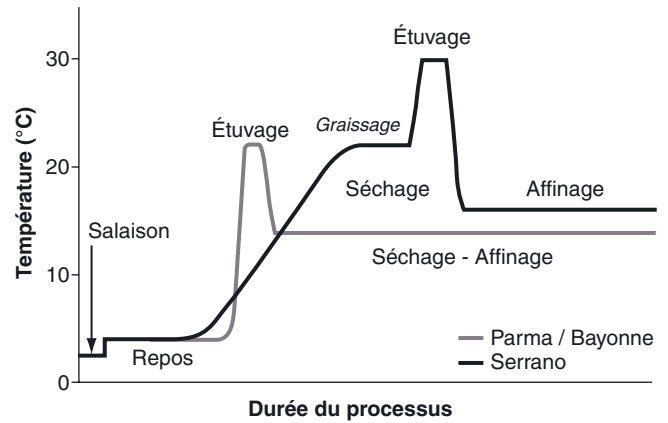


Figure 1 - Représentation schématique des différents processus d'élaboration du jambon sec en Espagne, France et Italie

l'issue du processus de salaison. Ce lavage peut être fait par immersion dans l'eau, mais il vaut mieux utiliser une douche pour éviter lesensemencements indésirables. Quelquefois les jambons sont lavés après la période de repos, ce qui permet d'avoir une activité de l'eau plus basse à la tête du fémur pendant cette étape. Dans ce cas, le lavage permet de nettoyer le jambon du poissage qui s'est formé sur la tête du fémur et d'éliminer les cristaux de sel et de phosphate. De plus, cette pratique permet de sécher à une température plus élevée que celle qui prévaut après le salage (Poma, 1998). Le moment idéal pour effectuer le lavage peut également être conditionné par le coût de la manipulation et par la capacité de déshydratation des séchoirs. À la fin de la phase de salaison, les vaisseaux sanguins contiennent habituellement une certaine quantité de saumure, qu'il est recommandé d'éliminer, ainsi que le sang résiduel, par une légère compression. En faisant ainsi on peut aussi améliorer la régularité de l'épaisseur et la forme de la tranche du produit. Cependant, il faut faire attention à ne pas endommager la structure du jambon parce que cela faciliterait l'entrée des micro-organismes qui pourraient le détériorer. Indépendamment du moment où le lavage est réalisé, il est toujours recommandé d'effectuer un séchage rapide du jambon afin d'empêcher la croissance de la flore microbienne. Pour finir, il faut prendre en compte qu'un séchage excessivement rapide peut produire une réduction de l'activité de l'eau de surface, qui peut induire, si l'aw est inférieure à 0,75, une cristallisation locale du sel. Il peut en résulter un séchage excessif de la viande ou l'apparition de taches colorées blanches sur la couenne (Arnau et Gou, 2001).

4. PÉRIODE DE REPOS

Le but de cette phase est d'arriver à ce que le sel soit régulièrement distribué dans tout le jambon et en même temps d'obtenir une légère déshydratation. Sur la partie externe du jambon, la flore est affectée par l'humidité relative. Il est souvent possible d'y observer une croissance de la flore fongique, tandis que dans la partie interne, les coques gram (+) catalase (+) deviennent la flore dominante. À ce stade, il est recommandé d'effectuer une déshydratation plus énergique pendant les première et deuxième semaines, car il est important de réduire l'activité de l'eau extérieure afin de gêner la croissance des micro-organismes indésirables. Les pertes

cumulées de poids à la fin de cette phase oscillent habituellement entre 10 et 15 % du poids initial du jambon. Afin d'obtenir un séchage régulier, la quantité d'eau qui s'évapore doit être compensée par une diffusion de l'eau entre les parties interne et externe du jambon. La température à ce stade doit rester inférieure à 5°C, jusqu'à ce qu'une activité de l'eau de moins de 0,96 ait été atteinte dans toutes les parties du jambon (Leistner, 1986). Pour éviter le blanchiment de la couenne, provoqué par la cristallisation du sel dans son intérieur, il est recommandé de s'assurer que l'humidité atmosphérique relative (HR) dépasse 75 %. Une fois que la majeure partie du sel de la couenne a pénétré par la graisse dans la partie maigre du jambon, l'humidité relative HR peut alors être réduite en dessous de 75 % afin de faciliter l'exudation de la graisse (Arnau et al., 2003). La durée du repos varie suivant la taille du jambon, la surface de la partie maigre extérieure, les conditions de séchage, la quantité de graisse intermusculaire et intramusculaire et la quantité de sel. Pour les jambons de petite taille, une période minimale d'un mois est recommandée. Dans le cas du jambon de Parme, il est nécessaire de la prolonger, parfois pendant trois mois, en raison de sa basse teneur en sel et de l'absence de nitrite. Pour les jambons Serrano cette période devrait dépasser 40 jours, tandis qu'elle dure 2 ou 3 mois pour les jambons Ibériques, du fait de la teneur élevée en graisse qui gêne la diffusion du sel.

5. LE SÉCHAGE-MATURATION ET LA PHASE D'AFFINAGE (BODEGA)

Dans la phase suivante de séchage-maturation, le jambon continue de se déshydrater (par exemple, pour une durée de 110 jours minimum dans le cas du jambon Serrano), tandis que se poursuivent les phénomènes de protéolyse et de lipolyse, qui conditionne les arômes. Pour les jambons Serrano, la température augmente lentement de 10 à 12°C jusqu'à atteindre un maximum compris entre 28 et 34°C, pour une HR entre 60 et 80 %. Cependant, ces dernières années la tendance va vers une diminution de la durée de séchage à température élevée afin de réduire la formation de jambons ayant une texture pâteuse et un voile blanc de tyrosine, qui peuvent poser un problème de commercialisation des produits tranchés. Avec l'augmentation de la température se produit une fonte partielle de la graisse qui imbibe la viande et compose une des caractéristiques typiques du jambon Serrano. Pendant cette phase, on applique fréquemment une couche de graisse supplémentaire qui empêche la formation, de fentes ou de crevasses, d'une odeur de moisi et qui ralentit également le développement des acariens. L'application de cette graisse peut être précédée par un lavage et un séchage de la surface du jambon. Pour les longs processus, les jambons Serrano sont soumis à une phase finale d'affinage à une température de 12-20°C et une HR de 50 à 80 % jusqu'à ce que la texture désirée soit obtenue. Cette phase commence après le séchage, pour une durée de transformation minimale de 7 mois. Pour les jambons de Parme et Bayonne, la phase de séchage a lieu à une température de 15°C et une humidité de 65-80 %. Après 6-8 mois, le séchage est ralenti par plusieurs applications d'un mélange de graisse, farine (pour rendre la pâte plus perméable), poivre et sel. Cette pâte est ajoutée à plusieurs reprises, au fur et à mesure

que le jambon sèche. Dans le cas du jambon Ibérique, après la période de repos, les jambons sont conservés pendant approximativement 90 jours dans une chambre où l'on augmente lentement la température pour atteindre 18-20°C, puis de nouveau graduellement jusqu'à 30°C et une HR de 60-80 % pendant 1-1.5 mois. A la fin, entre le 12^{ème} et le 18^{ème} mois de fabrication, les jambons sont maintenus dans une cave dont la température varie de 10 à 22°C et l'HR de 65 à 80 %.

6. PRODUITS À MATURATION RAPIDE

Pour raccourcir le processus de maturation, il est nécessaire d'accélérer le mouvement du sel vers l'intérieur du jambon et de l'eau vers l'extérieur, ce qui peut être réalisé fondamentalement en éliminant la graisse (sous-cutanée et intermusculaire) et en réduisant l'épaisseur des jambons. Toutefois, si la structure originale du jambon n'est pas maintenue, les micro-organismes peuvent s'y développer, ce qui peut provoquer l'acidification du produit, un phénomène qui n'est pas typique du jambon sec. Pour améliorer l'arôme final du produit, il peut être intéressant d'ajouter des substances aromatiques (assaisonnements, épices ou fumée), d'employer une flore choisie ou d'optimiser les conditions de température et d'humidité relative des différentes étapes du processus de séchage.

7. LA PRÉSENTATION COMMERCIALE

Traditionnellement, la commercialisation du jambon sec portait sur jambons entiers. Ces dernières années, les ventes de produits désossés, emballés sous vide et sous atmosphère modifiée se sont accrues. L'emballage sous vide facilite le tranchage, homogénéise la texture du jambon et empêche les problèmes d'acariens ou de séchage excessif. Quand la durée de conservation sous vide du jambon se prolonge durant une longue période, il se produit une réhumidification de la surface qui peut provoquer un arôme désagréable. Si l'activité de l'eau est élevée, les micro-organismes indésirables peuvent proliférer, de sorte qu'il soit nécessaire de maintenir le produit au froid. Le traitement par haute pression (400-600 MPa) a été utilisé pour améliorer la sécurité et la vie utile du produit prétranché (Grèbol 2005) et étudié pour réduire le problème de texture pâteuse (Serra et al., 2006).

Bien que le stockage des jambons secs par la congélation permette de conserver la saveur pendant de longs mois et ralentisse la formation du voile blanc dans les produits découpés en tranches, il facilite également la formation des cristaux blancs. De plus, la congélation de morceaux déballés provoque la perte de substances volatiles et diminue l'arôme du produit.

La commercialisation sous atmosphère modifiée permet une présentation plus normale des tranches, évitant leur adhérence aussi bien que l'aspect ciré typique des tranches de jambon emballées sous vide, mais réduit l'arôme en comparaison à l'emballage sous vide et peut augmenter le goût salé. Afin d'empêcher la détérioration de la couleur et de l'arôme, le mélange gazeux ne doit pas contenir d'oxygène,

le volume de gaz compris entre le produit et l'emballage doit être réduit et le film plastique utilisé doit constituer une barrière élevée à l'oxygène. Le gaz le plus fréquemment utilisé est l'azote, bien que le CO₂ puisse être utile pour améliorer la conservation de jambons ayant des valeurs élevées d'activité de l'eau. Dans ce type d'emballage, les variations brusques de température doivent être évitées, car elles pourraient avoir comme conséquence une condensation sur l'intérieur de l'emballage, produisant une augmentation locale de l'activité de l'eau et une réduction de la sûreté du produit (Arnau, 2005).

Comme nous venons de le voir, le jambon sec suit un procédé traditionnel dans lequel, les caractéristiques de la matière

première conditionnent les processus technologiques. De nos jours les recherches en cours pour améliorer la qualité du produit, portent sur :

- Les systèmes d'élevage (génétique, alimentation) pour améliorer les qualité et quantité de graisses intramusculaire et sub-cutanée, et pour uniformiser la production.
- la sélection et la classification de la matière première, en utilisant de nouveaux type de détecteurs non-invasif en ligne (NIR, RMN, et ainsi de suite).
- les systèmes de contrôle du processus de séchage, des flux d'air, de la température, de l'humidité et autres paramètres.
- le traitement du produit emballé (par exemple la haute pression hydrostatique) ou le type d'emballage (emballage skin, sous-vide, atmosphère modifiée....).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnau J., 2005. Recomendaciones a los consumidores para una óptima conservación del jamón curado en sus distintas formas de presentación. III Congreso Mundial del Jamón. Ed. Consejo Regulador de la Denominación de Origen "Jamón de Teruel", 337-342.
- Arnau J., Gou P., 2001. Effect of relative humidity on ham rind and subcutaneous salted fat during the resting period. *Meat Sci.*, 58, 65-68.
- Arnau J., Gou P., Comaposada J., 2003a. Effect of the relative humidity of drying air during the resting period on the composition and appearance of dry-cured ham surface. *Meat Sci.*, 65, 1275-1280.
- Arnau J., Gou P., Guerrero L., 1994. The effects of freezing, meat pH and storage temperature on the formation of white film and tyrosine crystals in dry-cured hams. *J. Sci. Food Agric.*, 66, 279-282.
- Arnau J., Guerrero L. and Sárraga C., 1998. The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and the sensory characteristics of dry-cured hams. *J. Sci. Food Agric.* 77, 387-392.
- Arnau J., Guerrero L. and Gou P., 2003b. Effect of meat pH and the amount of added nitrite and nitrate on colour uniformity of dry-cured hams. *Fleischwirtsch. International* 1, 31-32.
- Chizzolini R., Rosa P., Novelli E., 1993. Biochemical and microbiological events of Parma ham production technology. *Microbiology SEM (Sociedad Española de Microbiología)* 9, 26-34.
- Gou P., Arnau J., Guardia, M.D., 2000. Efecto del tipo de pulido (con corteza o con corte en "V") en algunas características sensoriales del jamón curado. II Symposium Internacional del Jamón Curado. Eurocarne, 100-101.
- Gou P., Guerrero L., Gelabert J., Arnau J., 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Sci.*, 42(1), 37-48.
- Grèbol N., 2005. Evaluación del riesgo en las nuevas tecnologías de procesado del jamón curado. III Congreso Mundial del Jamón. Ed. Consejo Regulador de la Denominación de Origen "Jamón de Teruel", 123-127.
- Guerrero L., Gobantes I., Oliver M.A., Arnau J., Guàrdia M.D., Elvira J., Riu P., Grèbol N., Monfort J.M., 2004. Green hams electrical impedance spectroscopy (EIS) measures and pastiness prediction of dry cured hams. *Meat Sci.*, 66, 289-294.
- Leistner L., 1986. Allgemeines über Rohschinken. *Fleischwirtschaft*, 66(4), 496-510.
- Meseck N.L., Gwartney B.L., Calkins C.R., Miller P.S., 1997. Influence of sample orientation on prediction of fresh ham lean content by electromagnetic scanning *Journal of Animal Science*, 75, 3169-3173.
- Parolari G., Virgili R., Schivazappa C., 1994. Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in dry-cured hams of normal and defective texture. *Meat Science* 38, 117-122.
- Poma J.P., 1998. Le jambon sec et les petites salaisons. ED. ERTI, Paris, 166 p.
- Ruiz-Ramírez J., Arnau J., Serra J., Gou, P., 2006. Effect of pH24, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in *biceps femoris* and *semimembranosus* muscles in dry-cured ham. *Meat Sci.* 72, 185-194.
- Serra X., Gou P., Guerrero L., Guàrdia M.D., Picouet P., Grèbol N., Monfort J.M., Arnau J., 2006. Effect of high pressure on sensory properties of pasty hams. IUFoST, 13th World Congress of Food Science & Technology, 17-21 September 2006, Nantes, France.
- Virgili R., Schivazappa C., 2002. Muscle traits for long matured dried meats. *Meat Sci.*, 62, 331-343.
- Wakamatsu J., Nishimura T., Hattori A., 2004. A Zn-porphyrin complex contributes to bright red color in Parma ham. *Meat Sci.*, 67(1), 95-100.